

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(11) **DE 3532331 A1**

(51) Int. Cl. 4

16. Aug. 1990
A61C 13/00

(21) Aktenzeichen: P 35 32 331.0
(22) Anmeldetag: 11. 9. 85
(43) Offenlegungstag: 19. 3. 87

(71) Anmelder:
Degussa AG, 6000 Frankfurt, DE

(72) Erfinder:
Groll, Werner, Dipl.-Ing. Dr., 8757 Karlstein, DE;
Rothaut, Josef, Dipl.-Phys. Dr., Fort Lee, N.J., US;
Klaus, Angela; Steinke, Rudi, Dipl.-Ing., 6450 Hanau,
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Herstellung eines metallischen Zahnersatzes

Verblendbarer Zahnersatz mit metallischer Gefügematrix ist auch ohne Schrumpfung und ohne Poren sintermetallurgisch herstellbar, wenn man mehrmodale Metallpulvermischungen, gegebenenfalls unter Zusatz von Glas- und Keramikpulvern, mit Wasser in einen Schlicker überführt, mit diesem den Zahnersatz modelliert und die Schlickermasse bei einer Temperatur sintert, bei der die Solidustemperatur mindestens eines Pulverbestandteils überschritten wird.

DE 3532331 A1

DE 3532331 A1

Patentansprüche

5 1) Verfahren zur sintertechnologischen Herstellung eines mit Keramik oder Kunststoff verblendbaren Zahnersatzes mit metallischer Gefügematrix aus einem Gemisch von Metallpulvern und gegebenenfalls Glas- oder Keramikpulvern, das mit einer Anmischflüssigkeit zu einer aufstreichbaren Masse aufbereitet wird, mit der auf einem als Brennträger dienenden Modell der zu versorgenden Zähne aus Keramik der Zahnersatz mit der bei Dentalkeramiken üblichen Technik modelliert und anschließend auf dem Modell gesintert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulvermischung eine mehrmodale Größenverteilung aus groben und feinen Fraktionen aufweist, wobei die Korngröße der größten Fraktion 100 µm nicht übersteigen darf, daß diese Pulvermischung mit Wasser in einen Schlicker überführt wird und daß die Sintertemperatur der Schlickermasse so gewählt wird, daß sie die Solidustemperatur mindestens eines Bestandteiles der Pulvermischung übersteigt und im Falle einer vorgesehenen Verblendung mit Keramik mindestens 50°C über der Aufbrenntemperatur der Keramik liegt.

10 2) Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die groben Fraktionen der Pulvermischung, die eine Korngröße zwischen 30 und 100 µm aufweisen, überwiegend Pulver kugeliger, und für die feinen Fraktionen, deren Korngröße unter 50 µm liegen, Pulver beliebiger Gestalt verwendet werden, wobei der Volumenanteil der groben Fraktionen 30 bis 90% beträgt

15 3) Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß diejenigen Pulverkomponenten, deren Solidustemperatur unterhalb der Sintertemperatur der Schlickermasse liegen, als feine Fraktionen zugegeben werden.

20 4) Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Schlickermassen mit Pulvern mehrerer Metalle beziehungsweise Legierungen die Sintertemperatur zwischen ($T_{solidus}$ minus 200°C) und $T_{solidus}$ der gesinterten Metallmatrix liegt, jedoch über der Solidustemperatur einer oder mehrerer Pulverkomponenten.

25 5) Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Schlickermassen mit Pulvern nur einer Legierung die Sintertemperatur zwischen der Solidus- und der Liquidustemperatur der Metallmatrix liegt.

30 6) Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche der gesinterten Schlickermasse ein niedrigschmelzendes Metall beziehungsweise Metall-Legierung zur Veredlung der Oberfläche und zur Schließung von Poren aufgesintert wird.

7) Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem als Brennträger dienenden Modell entsprechend der Schrumpfung beim Sintern eine Schicht aus einem rückstandslos verbrennenden Werkstoff aufgebracht wird.

35 Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur sintertechnologischen Herstellung eines mit Keramik oder Kunststoffen verblendbaren Zahnersatzes mit metallischer Gefügematrix aus einem Gemisch von Metallpulvern und gegebenenfalls Glas- oder Keramikpulvern, das mit einer Anmischflüssigkeit zu einer aufstreichbaren Masse aufbereitet wird, mit der auf einem als Brennträger dienenden Modell der zu versorgenden Zähne aus Keramik der Zahnersatz mit der bei Dentalkeramiken üblichen Technik modelliert und anschließend auf dem Modell gesintert wird.

Die Herstellung metallischen Zahnersatzes zur prosthetischen Versorgung bei Zahnerkrankungen beziehungsweise nach Verlust eines oder mehrerer Zähne, wie z. B. Inlays, mit Keramik oder Kunststoff verblendbare oder nicht verblendete Kronen und Brücken, erfolgt üblicherweise mit dem sogenannten "Wachsausschmelzverfahren", einer Freigußtechnik, die hohe Maßhaltigkeit gewährleistet.

Die Vorteile der so hergestellten Kronen und Brücken sind neben der Maßhaltigkeit vor allem in der hohen Festigkeit und der vorhandenen Duktilität zu sehen, die bei größeren Brückenkonstruktionen zur Vermeidung von Gewaltbrüchen bei Überbelastung gewährleistet sein müssen. Dagegen ist das Verfahren selbst sehr zeitraubend, material- und geräteintensiv. Die Notwendigkeit der Verwendung von Angußkanälen und Gußkegel verursacht einen gegenüber dem Gewicht des Gußobjektes deutlich erhöhten Materialeinsatz, der bei mehrmaliger Wiederverwendung zu Veränderungen der Legierungseigenschaften führen kann, und – falls er nicht wiederverwendet wird – als Schrott zurückbleibt. Ein weiterer Nachteil dieser Technik ist, daß bei Fehlern im Gußobjekt eine Reparatur nicht möglich ist, sondern der gesamte Herstellungsprozeß, beginnend bei der Wachsmodellation, wiederholt werden muß.

Ein anderes Verfahren zur Herstellung von metallkappenverstärkten Jacketkronen wird in der EP-OS 01 04 320 beschrieben. Ein vorgeformtes, mit Falten versehenes Hütchen aus einer Metallfolie, die vorzugsweise aus mehreren Schichten verschiedener Metalle aufgebaut ist, wird über das Modell des präparierten Zahnstumpfes gelegt und an dieses mit einem geeigneten Werkzeug anrotiert. Bei der Glühung mit einem Bunsenbrenner werden die übereinandergelegten Falten verschweißt und es liegt eine Metallkappe mit einer Wandstärke von ca. 100 µm vor, die dann mit Dentalkeramik verblendet wird. Der Arbeits- und Apparateaufwand wird gegenüber dem Wachsausschmelzverfahren zwar deutlich verringert, doch erreicht der so gefertigte Zahnersatz bei weitem nicht die Festigkeitseigenschaften eines gegossenen Zahnersatzes, so daß eine Herstellung von Brücken mit diesem Verfahren nicht möglich ist. Zudem erfordert die stets gleiche Dicke der Metallfolie bei stark abgeschliffenen Stümpfen beziehungsweise bei großen Zähnen, speziell bei Molaren, eine sehr dicke Keramikmodellation, so daß die Gefahr des Kreamikbruches insbesondere im Seitenzahnbereich sehr groß ist.

Eine bekannte Methode zur Herstellung von volkeramischen Kronen ist die Jacketkronentechnik, bei der eine aluminiumoxidhaltige Keramikmasse auf eine vorher entsprechend der Form des Zahnstumpfes geformte

Pt-Folie aufgebracht und gesintert wird. Die Krone wird frei von Hand modelliert, so daß der gesamte, zur Herstellung von Gußkronen erforderliche Gerätepark nicht benötigt wird. Die Modelliereigenschaften der Keramikmasse erlauben eine exakte Nachbildung der kompliziertesten Zahnformen. Wesentlicher Nachteil dieses Typs von Zahnersatz ist die dem keramischen Material eigene Sprödigkeit, die bei momentaner Überbelastung zum katastrophalen Bruch führt. Die Festigkeit ist ebenfalls nicht ausreichend, um dickwandige Kronen und größere Brücken zu fertigen.

In der DE-OS 19 15 977 wird ein Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz beschrieben, das von Metallbeziehungsweise Legierungspulver mit einer Partikelgröße von 2 bis 25 µm ausgeht, die mit Hilfe eines unterhalb der Sintertemperatur flüchtigen Bindemittels zu einer Paste angeteigt werden. Diese Paste wird auf ein dem Zahnstumpf maßgetreu nachgebildeten Modell, das als Brennträger dient, mit einem Spatel frei modelliert, das Bindemittel bei höherer Temperatur ausgetrieben und die Metallteilchen zusammengesintert. Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß mit der Paste keine hohe Verdichtung der Metallpulvermasse erreichbar ist, so daß es beim Sintern zu einer relativ starken Schrumpfung kommt. Die für einen Zahnersatz geforderte hohe Paßgenauigkeit kann mit diesem Verfahren daher nicht erreicht werden, auch nicht bei Verwendung von sehr feinen, kugelförmigen Pulvern, die andererseits nur mit geringer Ausbeute und deshalb nur unter hohen Kosten herstellbar sind.

Es war Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur sintertechnologischen Herstellung eines mit Keramik oder Kunststoff verblendbaren Zahnersatzes mit metallischer Gefügematrix zu entwickeln aus einem Gemisch von Metallpulvern und gegebenenfalls Glas- oder Keramikpulvern, das mit einer Anmischflüssigkeit zu einer aufstreichbaren Masse aufbereitet wird, mit er auch einem als Brennträger dienenden Modell der zu versorgenden Zähne aus Keramik der Zahnersatz mit der bei Dentalkeramiken üblichen Technik modelliert und anschließend auf dem Modell gesintert wird. Bei diesem Verfahren sollte beim Sintern die Schrumpfung so klein wie möglich gehalten werden, um einen paßgenauen Zahnersatz zu erhalten, der eine hohe Festigkeit besitzt, weitestgehend frei von offenen Poren ist und preisgünstig hergestellt werden kann.

Diese Aufgabe wurde erfahrungsgemäß dadurch gelöst, daß die Pulvermischung eine mehrmodale Größenverteilung aus groben und feinen Fraktionen aufweist, wobei die Korngröße der größten Fraktionen 100 µm nicht übersteigen darf, daß diese Pulvermischung mit Wasser in einen Schlicker überführt wird, und daß die Sintertemperatur der Schlickermasse so gewählt wird, daß sie die Solidustemperatur mindestens eines Bestandteils der Pulvermischung übersteigt und im Falle einer vorgesehenen Verblendung mit Keramik mindestens 50°C über der Aufbrenntemperatur der Keramik liegt.

Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Bei dem erfahrungsgemäßen Verfahren wird eine Mischung aus Metallpulvern der für die gewünschte Legierungszusammensetzung notwendigen Elementen in den entsprechenden Mengenverhältnissen beziehungsweise Legierungspulver und gegebenenfalls Keramikpulver mit Wasser zu einem Schlicker angemischt, dessen Konsistenz und Modellationseigenschaft den von üblicher Dental- beziehungsweise Verblendkeramik entsprechen. Zur Erzielung einer möglichst hohen Rohdichte und dementsprechend einer geringen Schrumpfung beim Sintern hat sich die Verwendung von Pulvermischungen mit mehrmodalen Größenverteilungen der eingesetzten Metallbeziehungsweise Keramik-Pulver als wesentlich erwiesen, wobei Pulver mit Korngrößen kleiner als 100 µm Verwendung finden müssen. Der Anteil der Keramikpulver darf nur so groß gewählt werden, daß stets eine metallische Gefügematrix gewährleistet ist. Der angeteigte Schlicker wird dann mit den bei Dentalkeramik üblichen Techniken und Geräten auf ein maßgetreues Modell der zu versorgenden Zähne modelliert und durch geeignete, ebenfalls bei der Herstellung von Keramikzähnen beziehungsweise Keramikverblendungen bekannte Techniken (z. B. Rütteln mit dem Riffelteil eines Modellierinstrumentes) verdichtet. Während des Verdichtungsprozesses wird Flüssigkeit ausgetrieben, wodurch sich die Pulverteilchen in günstigere Positionen umordnen und näher zusammenrücken können. Das verwendete Modell, das aus einer feuerfesten Keramik besteht, wird vorteilhafterweise entsprechend der bekannten Schrumpfung der Legierung vor dem Modellieren mit geeigneten Werkstoffen vergrößert und gegen zu starke Flüssigkeitsaufnahme isoliert.

Durch diese Maßnahmen wird eine optimale Rohdichte der Schlickermasse und eine geringe Schrumpfung beim Sintern gewährleistet. Zur Erzielung einer hohen Sinterdichte muß ein Sinterverfahren angewendet werden, bei dem die Sintertemperatur über der Solidustemperatur mindestens eines Bestandteiles der Pulvermischung liegt, wobei darauf geachtet werden muß, daß bei einer vorgesehenen Keramikverblendung die Sintertemperatur mindestens 50°C über der Brenntemperatur der Keramik liegt. Die letztere Bedingung muß erfüllt sein, um eine Verformung des metallischen Gerüsts beim Keramikbrand zu vermeiden. Je nach Legierungszusammensetzung wird das Sintern an Luft (z. B. Edelmetalle), unter Schutzgas oder Vakuum durchgeführt. Nach dem Sintern liegt ein hinreichend dichter Zahnersatz mit metallischer Gefügematrix vor.

Zur Erzielung einer Rohdichte der Schlickermasse sind solche Pulvermischungen besonders geeignet, deren grobe Fraktionen im Bereich zwischen 30 µm und 100 µm liegen, bei einem Volumenanteil von 30 bis 90% an der gesamten Pulvermischung, und die vorwiegend kugelige Form aufweisen. Die Form der feinen Pulver (< 50 µm) ist an sich beliebig, bevorzugt werden jedoch ebenfalls kugelige beziehungsweise plättchenförmige Pulver.

Vorzugsweise werden die Pulverkomponenten, deren Solidustemperatur größer ist als die Sintertemperatur der Schlickermasse als grobe Fraktionen zugesetzt, während die Pulverkomponenten, deren Solidustemperatur kleiner ist als die Sintertemperatur der Schlickermasse als Feinanteil zugegeben werden. Setzt man nämlich die höherschmelzende Komponente als Feinanteil zu, so kann es zur Bildung eines starren Gerüsts durch ein Zusammensintern der Pulverpartikel beim Trocknen beziehungsweise beim Aufheizen auf Brenntemperatur kommen. Eine Verdichtung durch Teilchenumlagerung beim Flüssigkeitsphasensintern kann dann nicht mehr erreicht werden. Die flüssige Phase, die beim Überschreiten der Liquidustemperatur der niedrigschmelzenden Pulverkomponente entsteht, dringt in das poröse Gerüst der hochschmelzenden Komponente ein, so daß die vorher von diesem besetzten Stellen als Poren zurückbleiben.

Vorteilhafte Sintertemperaturen für die sintertechnologische Herstellung von Zahnersatz sind Temperaturen im Bereich zwischen der Solidus-Temperatur der gesinterten Legierung T_{Solidus} und $T_{\text{Solidus}} - 200^\circ\text{C}$, wobei die Randbedingungen, daß mindestens eine Pulverkomponente eine Solidustemperatur kleiner der Sintertemperatur besitzen muß und daß die Sintertemperatur im Falle einer Keramikverblendung 50°C oberhalb der Aufbrenntemperatur der Keramik liegen muß, berücksichtigt werden müssen. Die flüssige Phase kann während des Sinterprozesses aufgrund stattfindender Legierungsbildung ganz oder teilweise aufgebraucht werden. Die Anwendung der beschriebenen Sintertemperaturen im Bereich zwischen T_{Solidus} und $T_{\text{Solidus}} - 200^\circ\text{C}$ setzt voraus, daß die Pulvermischung aus mindestens zwei Metall- beziehungsweise Legierungspulvern mit unterschiedlicher Solidustemperatur besteht.

5 Bei Pulvermischungen deren unterschiedliche Fraktionen aus nur einer Legierung bestehen, kann vorteilhaftweise eine Sintertemperatur zwischen T_{Solidus} und T_{Liquidus} angewendet werden. Ein Teil der Legierung liegt dann – entsprechend der Phasenbeziehung fest/flüssig – als schmelzflüssige Phase vor. Die flüssige Phase darf dabei nur in solchem Ausmaß auftreten, daß die Formstabilität des Sinterkörpers während des Sinterns erhalten bleibt.

10 Zur Herstellung von Brücken können Fertigteile, wie z. B. Drähte, Profile oder Metallzähne, verwendet werden, die bei der Modellierung der Kronenkappen mit eingeschlickert werden und dort festsintern beziehungsweise an die gesinterten Formkappen angelötet werden. Durch diese Maßnahme wird eine bessere Paßgenauigkeit erreicht, da dann die Zwischenglieder beim Sintern nicht schrumpfen. Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von Brücken besteht darin, die einzelnen Zähne – auch die Zwischenglieder – mit dem erfundungsgemäßem Verfahren herzustellen und diese dann zu verlöten.

15 Zur Verbesserung der Paßgenauigkeit des Zahnersatzes kann der Modellstumpf mit einem rückstandslos verbrennenden Werkstoff, wie z. B. Wachs, überzogen werden, wobei die Dicke des Überzuges so gewählt wird, daß die Umgangsvergrößerung der zu erwartenden Schrumpfung der Schlickermasse beim Sintern entspricht. Auf diesen Überzug wird der Schlicker aufgetragen und verdichtet. Der rückstandslos verbrennende Werkstoff wird dann bei geeigneter Temperatur ausgebrannt. Beim Sintern schrumpft der Formkörper (z. B. eine Krone) auf den Stumpf, so daß dessen Form genau nachgebildet wird.

20 Außerdem kann der Brennträger vor dem Auftragen des Schlickers mit einem Metall überzogen werden, dessen Schmelzpunkt höher liegt als der der zu sinternden Legierung. Auf diesen so vorbereiteten Modellstumpf wird dann der Schlicker aufgetragen und durch Flüssigphasensintern verdichtet. Die flüssige Phase benetzt den metallisierten Modellstumpf und gewährleistet, daß sich die Legierung auch im Bereich des Keramikstumpfes an die Form anschmiegt.

25 Zur Herstellung der Schlicker werden die Metallpulvermischungen mit Wasser versetzt, das vorzugsweise Elektrolyte enthält, wie z. B. Soda, Natriumhydroxid oder Strontiumchlorid. Auch können dem Wasser ein- oder mehrwertige Alkohole zugesetzt werden.

30 Für die Herstellung eines paßgenauen Zahnersatzes auf sintertechnologischem Weg ist eine möglichst hohe Gründichte der Schlickermasse vor dem Sintern wichtig, um die Sinterschrumpfung zu minimieren. Dies erreicht man dadurch, daß Pulvermischungen aus einem oder mehreren Metallen beziehungsweise Metallegierungen mit bi- oder mehrmodaler Größenverteilung verwendet werden, wobei sowohl kugelige, plättchenförmige oder anders geformte Partikel verwendet werden können. In Tabelle 1 sind einige Beispiele von Pulverkombinationen aufgeführt. Als Modellpulver wurden Gold-, Platin- und Palladiumpulver in verschiedener Größenverteilung und Teilchenform verwendet. Reine kugelige Pulver (Werkstoff 1) ergeben eine höhere Gründichte als reine plättchenförmige Pulver (Werkstoff 6). Beide Werkstoffe liegen jedoch außerhalb der Erfahrung. Durch Zugabe weiterer Pulver kleinerer Partikelgröße zu mehrmodalen Pulvermischungen ist eine deutliche Zunahme der Gründichte erzielbar. Die besten Ergebnisse liefern Schlickermassen, deren grobe Fraktion aus kugelförmigen Teilchen besteht (Werkstoff 2–5).

Werkstoff	Pulverform/-größe (μm)		<input type="checkbox"/> Plättchen nadelig P3	<input type="radio"/> kugelig P4	Zusammensetzung in Gew.-% P1 : P2 : P3 : P4	rel. Gründichte/%
	P1	P2				
50	1 O 90–71	—	—	—	100/-/-/-	35
	2 O 90–71	O <10	—	—	70/30/-/-	58
	3 O 90–71	O <10	Ti ₆₂ (<1)	—	68.42/29.33/2.25/-	60
	4 O 90–71	O <10	Bi ₂₀₃ (<2)	—	66.94/28.68/4.38/-	73
55	5 O 90–71	□ <25	—	—	90/10/-/-	56
	6 □ < 50	—	—	—	100/-/-/-	9.8
	7 □ < 50	O <10	—	—	90/10/-/-	19
	8 □ < 50	□ <15 (Pt)	□ < 15 (Pd)	—	50/35/15/-	25
60	9 □ < 50	□ <15 (Pt)	□ < 15 (Pd)	Ti ₆₂ (<1)	48.74/34.13/14.63/2.5	47

Für die erreichbare Dichte und Festigkeit sind neben der Größenverteilung, der Größe und der Form der verwendeten Pulver auch die Sintertemperatur von entscheidender Bedeutung. In Tabelle 2 sind die Eigenschaften der gesinterten Legierung Au50 Pt35 Pd15 bei Verwendung verschiedener Ausgangspulvermischungen mit mehrmodaler Größenverteilung nach dem Sintern zusammengestellt. Die erreichten Dichtewerte und 0,2%-Dehngrenzen sind für den Einsatz als Kronen- und Brückenwerkstoffe günstig. Die 0,2%-Dehngrenze von herkömmlichen, gegossenen Dental- und Brückenlegierungen liegen ebenfalls im Bereich von 450 bis 600 MPa. Die so hergestellten Legierungen zeigen eine geschlossene Porosität, was zur Vermeidung von Plaque-Anlagerungen und Korrosionsangriffspunkten wichtig ist. Bei den Legierungen 5 und 7 wurden Dreipunkt-Biegeversu-

che an 35 mm langen Prüfkörpern mit einem Querschnitt von $3 \times 3 \text{ mm}^2$ durchgeführt, wobei die im Biegeversuch erzielten Dehngrenzen denen der Druckversuche entsprechen. Die gesinterten Legierungen weisen also auch gegenüber Zugspannungen eine genügend hohe Festigkeit auf. Die deutlich höhere Biegebruchfestigkeit R_m bestätigt, daß eine plastische Verformung vor dem Bruch stattfindet.

Zur Herstellung von Prüfkörpern wurden auch unedelmetallhaltige Legierungen verwendet. Dazu wurde z. B. verdüstes Pulver eine Au-Sn-In-Legierung mit Au und Pt-Pulver gemischt und bei 990°C gesintert. Um eine Oxidation von Sn und In zu verhindern, wurde der zu sinternde Probekörper in eine Graphitbox auf eine Keramikunterlage gestellt und in dieser Box in einem herkömmlichen Keramik-Aufbrennofen gesintert.

	Pulverform/-größe μm			Keramikzusatz Menge / Vol%	Ts/ $^\circ\text{C}$	$\rho/\%$	Rp 0,2 in MPa (Druck)	Biegeversuch Rp/MPa	Rm/MPa	10
	-50 % Au	15 % Pd	35 % Pt							
1	$\square < 25$	$\square < 15$	$\square < 15$		1200	91,8	582 ± 43			15
2	$\square < 25$	$\square < 15$	$\square < 15$		1300	92,7	700 ± 8			
3	$\square < 25$	$\square < 15$	$\square < 15$	+ 10 Vol% Ti_{02}	1200	92,0	631 ± 21			20
4	$\square < 25$	$\square < 15$	$\square < 15$	+ 20 Vol% Ti_{02}	1200	91,9	656 ± 16			
5	$\square < 25$	$\square < 15$	$\square < 15$	+ 10 Vol% Ti_{02}	1300	93,7	710 ± 30	640 ± 30	900 ± 50	
6	$\square < 25$	$\square < 15$	$\square < 15$	+ 10 Vol% Bi_{203}	1200	92,3	610 ± 20			23
7	$\square < 50$	$\square < 15$	$\square < 15$		1300	91,8	630 ± 15	650 ± 50	864 ± 100	
8	$\square < 50$	$\square < 15$	$\square < 15$	+ 10 Vol% Ti_{02}	1300	97,2	720 ± 20			30
9	$\square < 25$	$\circ < 10$	$\circ < 10$		1300	91,0	566 ± 5			

\square plättchenförmig \circ kugelig

35

Folgende Beispiele sollen das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutern:

1. Von einem Meistermodell wird ein Dublikat aus einer hochtemperaturfesten, gießbaren Keramik hergestellt, das später als Brennträger verwendet wird. Auf den Modellstumpf aus dem hochtemperaturbeständigen Keramik wird ein Wachskäppchen modelliert, dessen Wandstärke ca. 0,3 mm beträgt. Das Wachs erfüllt zum einen die Funktion der Isolation gegenüber dem Modellstumpf und dient zum anderen als Vergrößerung des Modellstumpfes zum Kompensation der beim Sintern auftretenden Schrumpfung. Das Wachskäppchen wird aus einer Wachsplatte (Dicke 0,3 mm) geformt oder unter Verwendung eines Tauchwachses hergestellt.

40

Auf den so vorbereiteten Modellstumpf wird ein Schlicker aufgetragen, der 10 Vol.% TiO_2 und 90 Vol.% einer Metallpulvermischung enthält. Letztere besteht aus 74,4 Gew.% Au-Pulver (kugelig) $< 90 \mu\text{m}$, 18,6 Gew.% Au-Pulver (plättchenförmig) $< 10 \mu\text{m}$ und 7 Gew.% Au-Pulver (plättchenförmig) $< 15 \mu\text{m}$. Als Anmischflüssigkeit wird Wasser mit 0,5 g/l Strontiumchlorid verwendet. Dieser Schlicker hat Eigenschaften, die denen von Dentalkeramikschlickern entsprechen. Mit der beim Modellieren mit Dentalkeramik (Pinsel, Spatel, Riffelteil etc.) wird mit dem Schlicker eine verblendbare Kronenkappe aufgebaut. Nach Beendigung der Modellation wird die gesamte Anordnung in einem Auswachsofen bei 200°C 30 Minuten gehalten. Während dieser Zeit brennt das Wachs rückstandsfrei aus. Danach wird die entwachste Anordnung zunächst in die Trockenkammer eines Keramik-Aufbrennofens gegeben und bei 600°C 15 Minuten getrocknet, anschließend in die auf 1200°C vorgeheizte Brennkammer umgesetzt und dort 15 Minuten gesintert.

45

Nach dem Sintern kühlte die Kronenkappe an Luft ab und kann dann dem Brennträger abgenommen werden. Die Keramikverblendung wird ohne Zwischenbehandlung direkt auf die gesinterte Kappe in bekannter Weise aufgebracht. Die so hergestellte Krone besitzt eine metallische Matrix und eine hohe Paßgenauigkeit, verbunden mit einer hohen Festigkeit.

50

2. Die Herstellung und Vorbereitung des Modellstumpfes erfolgt entsprechend Beispiel 1. Der mit Wasser angeteigte Schlicker besteht wiederum aus 10 Vol.% TiO_2 und 90 Vol.% einer Metallpulvermischung, die sich ihrerseits aus 65,1 Gew.% Au-Pulver (kugelig) der Fraktion 35–25 μm , 27,9 Gew.% Au-Pulver (plättchenförmig) $< 25 \mu\text{m}$ und 7 Gew.% Pt-Pulver (plättchenförmig) $< 15 \mu\text{m}$ zusammensetzt. Mit diesem Schlicker wird eine Krone mit Bißfläche unter Verwendung der bei Keramikverblendung üblichen Technik modelliert. Aufgrund der hervorragenden Modellierbarkeit des Schlickers lassen sich Feinheiten der Okklusalflächen ausarbeiten. Die Arbeitsschritte Entwachsen, Trocknen und Sintern verlaufen entsprechend Beispiel 1. Nach dem Sintern wird die Krone von dem Brennträger abgenommen, die Oberfläche feingeschliffen und anschließend poliert. Auch diese Krone besitzt eine hohe Paßgenauigkeit. Poren sind nicht erkennbar.

55

60

65

- Leerseite -